



①9 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ Offenlegungsschrift  
⑩ DE 43 06 119 A 1

⑤1 Int. Cl.<sup>5</sup>:  
**G 01 N 11/10**  
G 01 N 11/16  
G 01 L 1/00  
G 01 D 11/10

②1 Aktenzeichen: P 43 06 119.2  
②2 Anmeldetag: 1. 3. 93  
④3 Offenlegungstag: 8. 9. 94

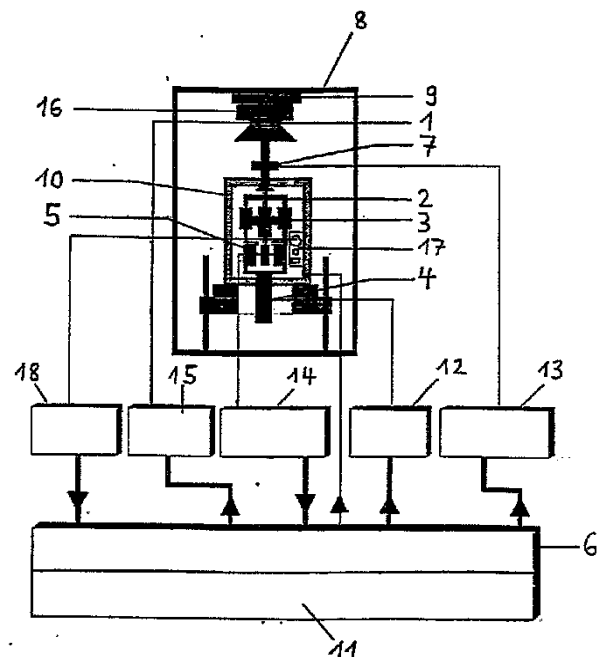
DE 43 06 119 A 1

⑦1 Anmelder:  
Pechhold, Wolfgang, Prof. Dr., 89155 Erbach, DE

⑦2 Erfinder:  
Erfinder wird später genannt werden

⑤4 Mechanisches Breitbandspektrometer

⑤7 Es wird ein mechanisches Breitbandspektrometer zur Bestimmung viskoelastischer Größen von Stoffen angegeben, mit dem Messungen in einem Frequenzbereich von  $10^{-4}$  Hz bis  $2,5 \cdot 10^3$  Hz möglich sind, wobei dieser Frequenzbereich kontinuierlich durchfahren werden kann. Hierzu werden nacheinander zwei in voneinander verschiedenen, aneinandergrenzenden oder einander überlappenden Frequenzbereichen einsetzbare mechanisch/elektrische Wandler (4, 7) benutzt. Die Schwingungsanregung erfolgt durch ein elektrodynamisches Tauchspulsystem als elektrisch/mechanischer Wandler (1). Verformungen zu untersuchender Stoffproben (3) werden durch einen elektrodynamischen Wegaufnehmer (5) erfaßt. Die Auswertung der Ausgangssignale geschieht mit Hilfe eines Personal-Computers (11) und diesem vorgeschalteten Meßverstärkern (12, 13, 14). Unter Verwendung einer um die Probenaufnahme (2) herum angebrachten Temperierkammer (10) kann bei unterschiedlichen Temperaturen und Drücken gearbeitet werden. Eine Erweiterung des Frequenzbereiches bis weit in den VHF-Bereich ermöglicht die Anbringung zusätzlicher Quarzresonatoren (17) innerhalb der Temperierkammer, die über einen Netzwerkanalysator (18) betrieben werden. Innerhalb des erweiterten Frequenzbereiches kann nur diskontinuierlich gemessen werden.



DE 43 06 119 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 07. 94 408 036/27

3/4



Die Erfindung betrifft ein mechanisches Spektrometer gemäß dem Oberbegriff des Patentanspruchs 1. Eine derartige Meßeinrichtung dient der Untersuchung des viskoelastischen Verhaltens von Stoffen wie Fluiden, Schmelzen, Pasten, Gelen, Elastomeren, Thermoplasten, Duromeren und Verbundwerkstoffen und ist in verschiedenen Ausführungen bekanntgeworden (siehe z. B. dtv-Lexikon der Physik, Bd 10, Seiten 13—15).

Bekannte mechanische Spektrometer arbeiten in einem Frequenzbereich unterhalb 100 Hz. Um noch besseren Aufschluß z. B. über den molekularen Aufbau der o.g. Stoffe zu erhalten, wäre ein Spektrometer mit einem nach oben hin erweiterten Frequenzbereich von Vorteil.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein mechanisches Spektrometer mit einem zu höheren Frequenzen hin erweiterten Frequenzbereich zu schaffen.

Diese Aufgabe wird durch die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruchs angegebenen Merkmale gelöst.

Durch den Einsatz zweier in unterschiedlichen, einander ergänzenden Frequenzbereichen arbeitender mechanisch/elektrischer Wandler als Kraftaufnehmer und automatischer Umschaltung zwischen beiden Wandlern am Frequenzbereichsübergang wird ein Meßbereich von  $10^{-4}$  Hz bis  $2,5 \cdot 10^3$  Hz geschaffen, der kontinuierlich durchfahren werden kann.

Weiterbildungen der Erfindung sind in den Unteransprüchen angegeben.

So gibt Anspruch 2 eine Kombination eines DMS-Kraftaufnehmers und eines Quarz-Kraftaufnehmers als zweckmäßig an. Da die obere Grenzfrequenz eines DMS-Kraftaufnehmers etwa bei 90 Hz, die untere Grenzfrequenz eines Quarz-Kraftaufnehmers bei 0,1 Hz liegt, überlappen die Frequenzbereiche beider Wandler hier in einem weiten Bereich. Die Umschaltung zwischen beiden Kraftaufnehmern kann z. B. bei einer Frequenz von 10 Hz vorgenommen werden.

Anspruch 3 betrifft die konstruktive Anordnung der Wandler und der Probenaufnahme, während Anspruch 4 eine Justiermöglichkeit sowie Maßnahmen gegen Schwingungsübertragung über den Rahmen vorsieht.

Anspruch 5 betrifft eine Möglichkeit, das viskoelastische Verhalten eines Stoffes bei unterschiedlichen Temperaturen und/oder unterschiedlichen Drucken zu untersuchen und bei Untersuchung leicht flüchtiger Stoffe deren Verdampfen zu verhindern.

Anspruch 6 gibt eine Auswerteeinrichtung an, die neben der Auswertung der Meßwerte auch Steuerungsaufgaben wahrnimmt.

Anspruch 7, schließlich, betrifft eine Möglichkeit, den Frequenzbereich des Breitbandspektrometers bis weit in den VHF-Bereich hinein (bis 140 MHz) zu erweitern. Man erhält so in günstigen Fällen ein mechanisches Echtfrequenz-Spektrum, das über einen Bereich von 12 Dekaden reicht.

Anhand einer Figur soll nun ein Ausführungsbeispiel eines mechanischen Breitbandspektrometers nach der Erfindung beschrieben und seine Funktionsweise erklärt werden.

Die Figur zeigt ein Blockschaltbild eines Breitbandspektrometers nach der Erfindung.

An einem formstabilen Rahmen 8 ist über eine Justiervorrichtung 9 und ein Dämpfungselement 16 ein elektrisch/mechanischer Wandler 1, z. B. ein Lautsprecher-Tauchpulsystem befestigt. Dieses übt über einen

DMS-Kraftaufnehmer eine zeitlich veränderliche Kraft auf eine Probenaufnahme 2 aus, die über einen Quarz-Kraftaufnehmer 4 an der dem elektrisch/mechanischen Wandler gegenüberliegenden Seite des Rahmens befestigt ist. Die Probenaufnahme ist von einer Temperierkammer 10 umgeben und enthält neben einer zu untersuchenden Stoffprobe 3 einen induktiven Wegaufnehmer 5.

Der elektrisch/mechanische Wandler wird über einen Leistungsverstärker 15 mit einer von einem Personal-Computer 11 vorgegebenen Frequenz angesteuert. Zusätzlich kann er mit einem Gleichstrom beaufschlagt werden, um eine mechanische Vorspannung zu erzeugen oder unerwünschte z. B. temperaturbedingte mechanische Spannungen auszugleichen. Ausgangssignale der Kraftaufnehmer und des induktiven Wegaufnehmers werden über Meßverstärker 12, 13, 14 ebenfalls dem Personal-Computer zugeführt. Der Personal-Computer berechnet aus den von den Meßverstärkern erhaltenen Werten viskoelastische Größen wie z. B. die komplexe, frequenzabhängige Komplianz und den komplexen Schubmodul des zu untersuchenden Stoffes nach bekannten mathematischen Rechenverfahren. Er steuert außerdem über eine Temperatur-Regeleinrichtung die Temperatur der Temperierkammer.

Die Messung erfolgt bei niedrigen Frequenzen unter Verwendung des DMS-Kraftaufnehmers. Bei einer vorgegebenen Frequenz im Bereich von 10 Hz wird auf den Quarz-Kraftaufnehmer umgeschaltet. Dabei wird durch entsprechende Einstellung der Empfindlichkeiten der Meßverstärker sichergestellt, daß bei der Umschaltung kein Meßwertsprung auftritt.

Sind innerhalb der Probenaufnahme Quarzresonatoren (17) eingesetzt, deren Dämpfung und Resonanzfrequenzverschiebung diskontinuierlich gemessen werden soll, so ist hierzu ein Netzwerkanalysator mit integrierter Hochfrequenzerzeugung vorgesehen, der zur Meßwertübertragung mit dem Personal-Computer verbunden ist.

#### Patentansprüche

1. Mechanisches Breitbandspektrometer mit einem elektrisch/mechanischen Wandler (1), der eine zeitlich veränderliche Kraft auf eine Probenaufnahme (2) und eine in diese eingebrachte, vorgegebene Menge eines zu untersuchenden Stoffes (3) ausübt, einem mechanisch/elektrischen Wandler (4), der ein der vom elektrisch/mechanischen Wandler auf den zu untersuchenden Stoff ausgeübten Kraft entsprechendes elektrisches Ausgangssignal erzeugt, wenigstens einer ein elektrisches Ausgangssignal abgebenden Wegmeßeinrichtung (5), die es erlaubt, Verschiebungen von mit dem zu untersuchenden Stoff in Kontakt befindlichen Teilen der Probenaufnahme zu erfassen, und mit einer Auswerteeinrichtung (6), die aus den Ausgangssignalen des elektrisch/mechanischen Wandlers und der Wegmeßeinrichtung viskoelastische Größen berechnet, dadurch gekennzeichnet, daß ein weiterer mechanisch/elektrischer Wandler (7) vorgesehen ist, der ebenfalls ein der vom elektrisch/mechanischen Wandler auf den zu untersuchenden Stoff ausgeübten Kraft entsprechendes elektrisches Ausgangssignal erzeugt, daß die beiden mechanisch/elektrischen Wandler zum Betrieb in voneinander verschiedenen, aneinander grenzenden oder sich überlappenden Frequenzbereichen geeignet sind und



daß die Auswerteschaltung eine Umschaltung vom Ausgangssignal des einen mechanisch/elektrischen Wandlers auf das des anderen mechanisch/elektrischen Wandlers vornimmt, wenn sich die Frequenz des elektrisch/mechanischen Wandlers von dem für den Betrieb des einen mechanisch/elektrischen Wandlers geeigneten Frequenzbereich in den für den Betrieb des anderen mechanisch/elektrischen Wandlers geeigneten Frequenzbereich hinein ändert oder einen im Überlappungsbereich der beiden Frequenzbereiche vorgegebenen Frequenzwert über- oder unterschreitet.

2. Mechanisches Breitbandspektrometer nach Patentanspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß einer der mechanisch/elektrischen Wandler ein DMS-Kraftaufnehmer, der andere ein Quarz-Kraftaufnehmer ist.

3. Mechanisches Breitbandspektrometer nach Patentanspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrisch/mechanische Wandler (1) und einer der mechanisch/elektrischen Wandler (4) einander gegenüberliegend an einem formstabilen Rahmen (8) befestigt sind und daß die Probenaufnahme (2) mit dem mechanisch/elektrischen Wandler (4) direkt und mit dem elektrisch/mechanischen Wandler (1) über den weiteren mechanisch/elektrischen Wandler (7) kraftschlüssig verbunden ist.

4. Mechanisches Breitbandspektrometer nach Patentanspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der elektrisch/mechanische Wandler und der am Rahmen befestigte mechanisch/elektrische Wandler über Justiervorrichtungen (9) und Dämpfungselemente (16) mit dem Rahmen verbunden sind.

5. Mechanisches Breitbandspektrometer nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Probenaufnahme von einer temperierbaren und/oder mit unter vom Umgebungsdruck verschiedenem Druck stehenden Gasen oder Flüssigkeiten befüllbaren Probenkammer (10) umgeben ist.

6. Mechanisches Breitbandspektrometer nach einem der vorstehenden Patentansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Auswerteeinrichtung (6) einen Personal-Computer (11) enthält, dem die Ausgangssignale der mechanisch/elektrischen Wandler und der Wegmeßeinrichtung über Meßverstärker (12, 13, 14) zugeführt werden, und daß der Personal-Computer neben der Berechnung viskoelastischer Größen die Frequenz für den elektrisch/mechanischen Wandler (1) erzeugt und einem diesen beaufschlagenden Leistungsverstärker (15) zuführt und die Temperatur- und/oder Druckregelung für die Probenkammer vornimmt.

7. Mechanisches Breitbandspektrometer nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß in die Probenaufnahme zusätzlich ein oder mehrere Quarzresonatoren (17) unterschiedlicher Eigenfrequenz eingesetzt sind, die sich in Kontakt mit dem zu untersuchenden Stoff befinden und durch einen Generator zu Scherschwingungen angeregt werden, und daß ein Netzwerk-Analysator (18) vorgesehen ist, der unter der Einwirkung des zu untersuchenden Stoffes auftretende Dämpfungswerte und Resonanzfrequenzverschiebungen der Quarzresonatoren mißt und dem Personal-Computer zur Berechnung viskoelastischer Größen zuführt.



